



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11114684 A**(43) Date of publication of application: **27 . 04 . 99**

(51) Int. Cl.

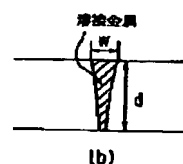
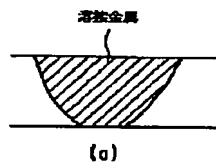
**B23K 26/00**(21) Application number: **09274480**(71) Applicant: **NKK CORP**(22) Date of filing: **07 . 10 . 97**(72) Inventor: **SHINPO YUKIO****(54) WELDED PIPE OF BETA-TYPE TITANIUM ALLOY  
AND MANUFACTURE OF THE SAME**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a welding pipe having excellent weld zone toughness by specifying a ratio of a weld bead width to a penetration depth of a seam part when a  $\beta$ -type titanium alloy coil is supplied to a forming roll group and continuously formed into open pipe shape and a groove is melted and welded by using a laser beam.

**SOLUTION:** A seam part is welded to make a weld bead whose ratio ( $d/W$ ) of the weld bead width ( $W$ ) to the penetration depth ( $d$ ) is  $\geq 6.5$ . A welded pipe is manufactured by supplying a  $\beta$ -type titanium alloy coil to a forming roll group, continuously forming the coil into open pipe shape, radiating a laser beam to a formed groove to melt the same and applying upset to the same to make a welding pipe. As a groove shape and an upset amount depend on setting of the forming roll and as a laser irradiated point, a focus point, etc., depend on the groove shape, setting of the forming roll and radiating conditions are controlled to obtain a proper  $d/W \geq 6.5$ .



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-114684

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月27日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
B 2 3 K 26/00

識別記号  
3 1 0

F I  
B 2 3 K 26/00

3 1 0 J  
3 1 0 S

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-274480

(22) 出願日 平成9年(1997)10月7日

(71) 出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72) 発明者 真保 幸雄

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

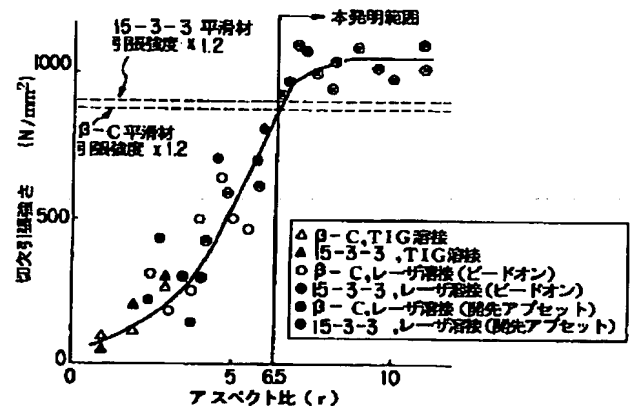
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

(54) 【発明の名称】  $\beta$ 型チタン合金溶接管及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 溶接金属の結晶粒が粗大化していない溶接部を有する溶接部靱性に優れた  $\beta$  型チタン合金溶接管及びその製造方法を提供する。

【解決手段】  $\beta$  型チタン合金コイルを成形ロール群に供給し、連続的にオープンパイプ状に成形した開先部にレーザービームを照射し溶融させ、アブセットをかけて接合し溶接管とする製管方法において、シーム部の溶接ビード幅 (w) と溶込深さ (d) との比が  $d/w \geq 6.5$  となるように、溶接する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シーム部の溶接ビード幅（w）と溶込深さ（d）との比が $d/w \geq 6.5$ であることを特徴とする $\beta$ 型チタン合金溶接管。

【請求項2】  $\beta$ 型チタン合金コイルを成形ロール群に供給し、連続的にオープンパイプ状に成形する工程と、オープンパイプ状に成形した開先部にレーザビームを照射し溶融させ、アプセットをかけて接合し溶接管とする工程とを備えた製管方法において、シーム部の溶接ビード幅（w）と溶込深さ（d）との比が $d/w \geq 6.5$ となるように、溶接することを特徴とする $\beta$ 型チタン合金溶接管の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は特に耐食性配管、油井管、化学工業用配管などに使用される $\beta$ 型チタン合金溶接管及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】チタン合金は耐食性に優れ、強度が高く、軽いなどの優れた特徴がある。このため、化学工業用配管や地熱発電の熱水用配管、海底油田のライザー管などに用いられる。これらの用途には、単に耐食性だけが求められるのではなく、強度が求められる。すなわち、たとえばライザー管は海底油田の油井管の海中部分であり、海水に対する耐食性はもちろん、数百m長さ分の自重に耐えなければならない。したがって、このような強度が要求される用途にはピレットを熱間で穿孔してパイプに成形する、いわゆるシームレスパイプが用いられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、シームレスパイプは性能は優れているものの製造コストが高い問題がある。また、コイルをフォーミングロールによりオープンパイプ状に成形し、シーム部を溶接してパイプとする溶接管は生産性に優れ製造コストが安くてすむが、未だ実用化されていない。これは以下の理由による。

【0004】まず、チタンの $\alpha$ 相の結晶構造はh. c. p.（六方稠密格子）であり異方性が強く熱延ミルで圧延することができない。このため、 $\alpha$ 型チタン合金及び $\alpha + \beta$ 型チタン合金はコイルを製造することはできない。一方、 $\beta$ 型チタン合金は異方性がないため熱延ミルにより圧延し熱延コイルとすることができる。また加工性に優れ、フォーミングロール群により冷間で成形しオープンパイプ状に容易に成形できる。しかし、通常のアーク溶接（TIG溶接、MIG溶接など）では溶接金属の結晶粒が粗大化し溶接部の靱性が低下する。このため、溶接部の靱性、強度を要求される溶接管を製造することはできなかった。本発明の目的は、溶接金属の結晶粒が粗大化していない溶接部を有する溶接部靱性に優れた

た $\beta$ 型チタン合金溶接管及びその製造方法を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決し目的を達成するために、本発明は以下に示す手段を用いている。

（1）本発明の溶接管は、シーム部の溶接ビード幅（w）と溶込深さ（d）との比が $d/w \geq 6.5$ であることを特徴とする $\beta$ 型チタン合金溶接管である。

（2）本発明の溶接管の製造方法は、 $\beta$ 型チタン合金コイルを成形ロール群に供給し、連続的にオープンパイプ状に成形する工程と、オープンパイプ状に成形した開先部にレーザビームを照射し溶融させ、アプセットをかけて接合し溶接管とする工程とを備えた製管方法において、シーム部の溶接ビード幅（w）と溶込深さ（d）との比が $d/w \geq 6.5$ となるように、溶接することを特徴とする $\beta$ 型チタン合金溶接管の製造方法である。

## 【0006】

【発明の実施の形態】本発明者は、溶接金属の結晶粒が粗大化していない溶接部を有する溶接部靱性に優れた $\beta$ 型チタン合金溶接管及びその製造方法を得るために、鋭意研究を重ねた結果、以下の知見を得るに至った。溶接金属が凝固し冷却する過程において結晶粒は成長する。したがって、凝固冷却過程において溶接金属が高温に滞留する時間が短いほど結晶は成長しない。すなわち、溶接金属が速く冷却されるほど結晶粒の粗大化は抑えられる。冷却速度を大きくするためには溶接入熱を小さくし、熱が拡散し易くしてやればよい。図1は、溶接ビードの断面形状の例を示したものである。図1（a）は一般のアーク溶接などによる熱伝導型のビードである。溶け込み深さはビード幅に比べて浅く幅広なビードとなる。また図1（b）はレーザビームなどによる深溶け込み溶接のビードである。溶け込み深さdは溶接ビード幅wと比べて極めて深い。図1の（a）と（b）とを比較して明らかなことは、同じ板厚の板を溶接するのに、

（b）の方が溶融体積が少なく溶融部と未溶融部の溶融体積あたりの界面が大きくなるので、（b）の方が入熱が少なく熱が拡散しやすいことになる。すなわち（b）の深溶け込み型のビードでは冷却速度が大きく結晶粒の粗大化が少ない。また、このことから明らかにわかるように、同じ板厚の板を溶接するにはビード幅が狭いほど溶接金属の冷却速度が大きくなる。そこで、溶け込み深さと溶接ビード幅の比が溶接金属の冷却速度を考える上で重要なパラメータとなる。

【0007】そこで、本発明者は、溶接ビード幅（w）と溶込深さ（d）との比（アスペクト比 $r (=d/w)$ ）と $\beta$ 型チタン合金の溶接金属の結晶粒径の関係を溶接条件（入熱、溶接速度、焦点位置など）を変えることにより溶接ビード幅を変化させて実験的に調べた。溶接方法はrの小さいところ（ $r = 3$ 程度まで）ではTIG

G溶接を用い、それ以上はレーザー溶接を用いた。また  $r$  の極めて大きいところ ( $r$  が 5 程度以上) では、単なるレーザー溶接ではこのようなビード幅の狭いビードを得ることはできないため、図 2 に示すように開先があいた状態でレーザービームを照射し開先の内部を溶融させアブセットをかけて開先を押しつけて溶接した。図 3 に溶接ビード幅 ( $w$ ) と溶込深さ ( $d$ ) との比  $r (=d/w)$  と溶接金属の結晶粒径の関係を示す。  $r$  が大きくなるに従い結晶粒径が小さくなるのがわかる。また、このようにして溶接した、いろいろな  $r$  の  $\beta$  型チタン合金の溶接金属の靱性を切欠引張により評価した。図 4 に切欠引張強度と溶接ビード幅 ( $w$ ) と溶込深さ ( $d$ ) との比  $r$  の関係を示す。  $r$  が 6.5 以上では切欠引張強度は母材引張強度の 120% 以上となり実用上問題ない (切欠引張強度は形状による拘束の効果があるため平滑材の引張強度より大きい)。すなわち、溶接条件を調節して  $r$  が 6.5 以上になるようにすれば優れた靱性の溶接部が得られる。

【0008】以上の知見に基づき本発明者は、シーム部の溶接ビード幅 ( $w$ ) と溶込深さ ( $d$ ) との比  $d/w \geq 6.5$  となるように、溶接するようにして、溶接部靱性に優れた  $\beta$  型チタン合金溶接管及びその製造方法を見出し、本発明を完成させた。

【0009】すなわち、本発明は、溶接ビード断面のアスペクト比  $r (=d/w)$  及び製造条件を下記範囲に限定することにより、溶接金属の結晶粒が粗大化していない溶接部靱性に優れた  $\beta$  型チタン合金溶接管を安価に得ることができる。以下に、本発明の溶接ビード断面のアスペクト比の限定理由及び製造条件の限定理由について説明する。

【0010】(1) 溶接ビード断面のアスペクト比  
本発明の  $\beta$  型チタン合金溶接管の溶接ビード断面のアスペクト比は、シーム部の溶接ビード幅 ( $w$ ) と溶込深さ ( $d$ ) との比  $d/w \geq 6.5$  で定義される。ここで、溶接ビード断面のアスペクト比、すなわちシーム部の溶接ビード幅 ( $w$ ) と溶込深さ ( $d$ ) との比  $d/w \geq 6.5$  とすることにより、前述したとおり、溶接金属の結晶粒の粗大化を防止し、溶接ビードに十分な靱性をもたせることができる。また、アスペクト比の上限は、溶接部の靱性、強度が劣化しない範囲の 100 以下とするのが好ましい。なお、本発明の  $\beta$  型チタン合金の成分組成については、特に限定しない。すなわち、Mo、V などの元素をチタンに固溶して  $\beta$  相を安定させる範囲で含有させればよい。

【0011】上記の溶接ビード断面のアスペクト比  $r (=d/w)$  に調整することにより、溶接金属の結晶粒が粗大化していない溶接部靱性に優れた  $\beta$  型チタン合金溶接管を安価に提供することが可能となる。

【0012】このような特性の溶接管は、以下の製造方法により、製造することができる。

## (2) 溶接管製造工程

$\beta$  型チタン合金コイルを成形ロール群に供給し、連続的にオープンパイプ状に成形した開先部にレーザービームを照射し溶融させ、アブセットをかけて接合し溶接管とする製管方法において、シーム部の溶接ビード幅 ( $w$ ) と溶込深さ ( $d$ ) との比  $d/w \geq 6.5$  (上記 (1) の条件、アスペクト比  $r = d/w$ ) となるように、溶接する。

【0013】コイルをフォーミングロールによって連続的にオープンパイプに成形する際に、 $r$  が 6.5 以上になるように溶接するためには、ただ単にレーザー溶接するだけでは困難であり、開先が V 型になる位置でレーザービームを照射しスクイズロールによりアブセットをかけてつきあわせればよい。開先形状、アブセット量は成形ロールの設定に依存し、レーザー照射位置、焦点位置などは開先形状に依存するため、適正な  $r (\geq 6.5)$  を得るには、成形ロールの設定、レーザー照射条件を調節しなければならない。これらの溶接条件は、例えば、以下のとおりである。

### 【0014】a. 成形ロールの設定

開先が V 型になるように、開先の形状を観察しながらスクイズロール間隔を調整する。

### 【0015】b. レーザ照射条件

照射位置：スクイズロールセンターから上流側 5 mm、  
焦点位置：焦点位置が鋼板表面の内側 6 mm、レーザー出力：5～25 kW、溶接速度：1～8 m/分。

【0016】なお使用するレーザーは炭酸ガスレーザーであるが、YAG (イットリウム-アルミニウム-ガーネット) レーザを用いてもよい。

### 30 c. アブセット量

0.1～2 mm、但し、アブセット量 = (溶接前のコイル幅) - (溶接後の管の外周)

上記の製造条件に調整することにより、溶接金属の結晶粒が粗大化していない溶接部靱性に優れた  $\beta$  型チタン合金溶接管を安価に提供することができる。以下に本発明の実施例を挙げ、本発明の効果を立証する。

### 【0017】

【実施例】表 1 に供試合金 ( $\beta$  型チタン合金) の成分を示す。合金 A は  $\beta$ -c 合金、合金 B は 15-3-3 合金である。これらの合金コイルを用意し成形ロール群に供給し連続的にオープンパイプ状に成形し、シームをレーザービームにより溶接するとともに突き合わせ部にスクイズロールによりアブセットをかけることにより、レーザービームにより溶融した開先を互いに押しつけて接合し、溶接管を製造した。表 2 に、各合金溶接管の製造条件、切欠引張強度の測定及び判定結果を示す (本発明例：No. 2, 5, 7, 10、比較例：No. 1, 3, 4, 6, 8, 9)。切欠引張試験は、図 5 (a) に示す形状の切欠を溶接部につけた引張試験片を用いて切欠引張強さを求め、これが平滑材 (図 5 (b)) の引張強さの 1

20%以上であれば合格(判定○)とした。但し、切欠引張強さは、破断荷重を切欠部の面積で割ったものである。表2より明らかなように、本発明によるβ型チタン合金溶接管No. 2, 5, 7, 10は優れた溶接部靱性を有することがわかる。

【0018】

【表1】

表 1

合金 記号	材 質	化 学 成 分 (重量%)						
		Al	V	Cr	Mo	Zr	Sn	Ti
A	β-c	3.11	7.98	6.05	3.95	4.05	—	残部
B	15-9-3	3.07	15.20	3.12	—	—	2.95	残部

\*

\*【0019】

【表2】

表 2

条件 No.	合金 記号	板厚 (mm)	外径 (mm)	溶接速度 (m/min.)	レ-ズ 出力 (kW)	アセット 量 <sup>(1)</sup> (mm)	アセット 比 (=d/w)	切欠引張 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	判 定	備 考
1	A	6.5	250	8.0	19	0°	3.8°	635	×	比較例
2	A	6.5	250	8.0	19	2.1	11	1105	○	本発明例
3	A	9.0	300	5.5	25	0°	3.0°	295	×	比較例
4	A	9.0	300	5.5	25	1.0	4.1°	498	×	比較例
5	A	9.0	300	5.5	25	3.0	7.2	1086	○	本発明例
6	B	6.5	250	8.0	19	0°	2.8°	432	×	比較例
7	B	6.5	250	8.0	19	2.5	6.9	955	○	本発明例
8	B	9.0	300	5.5	25	0°	3.8°	154	×	比較例
9	B	9.0	300	5.5	25	1.5	4.8°	587	×	比較例
10	B	9.0	300	5.5	25	3.0	7.0	1090	○	本発明例

注：(1) アセットをかけた度合い(スクイズロールにより絞られる量)を示すもので、

アセット量=(溶接前のコイル幅) - (溶接後の管の外周)である。

\*印は本発明の範囲から外れていることを表す。

【0020】

【発明の効果】本発明によれば、溶接ビード断面のアスペクト比及び製造条件を特定することにより、溶接金属の結晶粒が粗大化していない溶接部靱性に優れたβ型チタン合金溶接管を安価に提供することができる。

【0021】本発明のβ型チタン合金溶接管は、特に溶接部の靱性、強度が要求される耐食性配管、油井管、化学工業用配管などに用いることができるなど、産業上の利用価値は大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】溶接ビード断面形状の例を示す模式図。(a) ※

※は熱伝導型溶接のビード断面形状を示す模式図。(b)は深溶け込み型溶接のビード断面形状を示す模式図。

【図2】本発明の実施の形態に係る大きいアスペクト比rを得るための溶接方法を示した図。

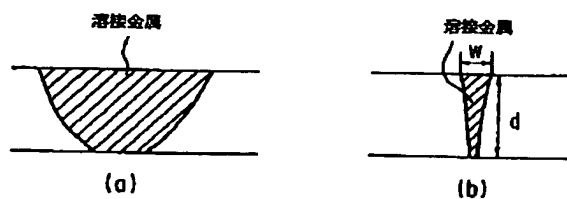
【図3】本発明の実施の形態に係るアスペクト比rと結晶粒径との関係を示した図。

【図4】本発明の実施の形態に係るアスペクト比rと切欠引張強度との関係を示した図。

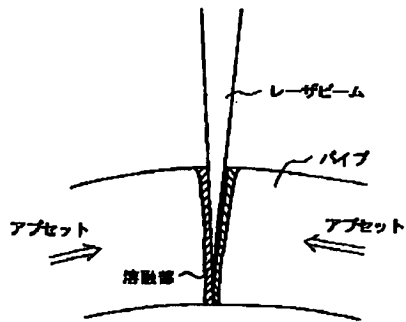
【図5】本発明の実施例に係る切欠引張試験の試験片の形状を示す図。(a)は切欠引張試験片の形状を示す図。(b)は平滑材(試験片)の形状を示す図。

40

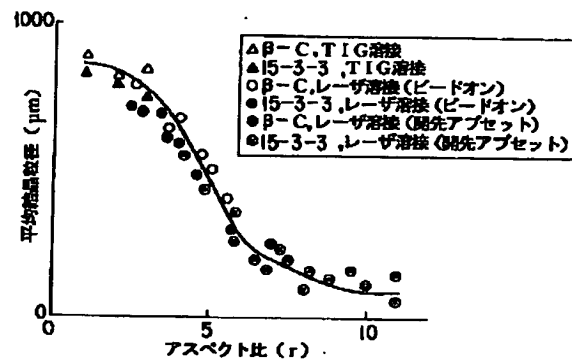
【図1】



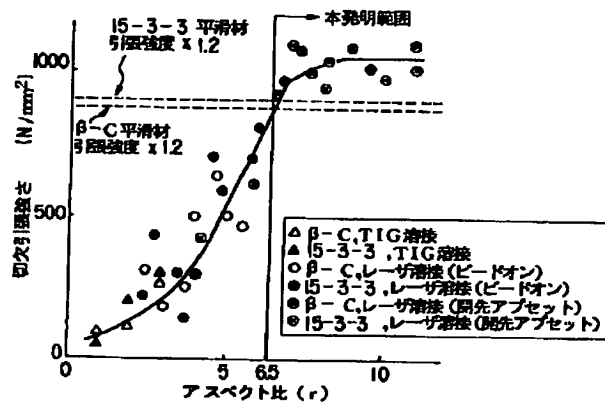
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

